



## THE INQUIRY BASED USE OF AUGMENTED REALITY IN SOLAR SYSTEM TEACHING

## O USO INVESTIGATIVO DE REALIDADE AUMENTADA NO ENSINO SOBRE O SISTEMA SOLAR

**Júlio César da Silva Dantas**

Mestre em Inovação em Tecnologias Educacionais, UFRN.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3729-9662>

**Adja Ferreira de Andrade**

Doutora em Informática na Educação pela UFRGS.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1990-4037>

**Abstract** – Augmented Reality (AR) leaves science fiction works and enters the educational context. This work is concerned with how this absorption takes place by the school: although the benefits highlighted by the use of this technology are already documented in national and international literature, the teaching method that guides its use predates the technology and deserves attention. In this sense, it is justified as it embarks on an area little explored in literature, also aligning itself with national curricular documents. The research question investigated aims to identify the impacts of educational practices in science combined with augmented reality and developed under the scope of investigative teaching sequences. The general objective is to evaluate the impacts of a methodological proposal guided by the investigative use of learning objects in augmented reality and seeks, as specific objectives, to evaluate the use of applications by students, investigate the achievement or not of learning objectives and evaluate the contributions of the paradidactic ebook used in the interventions. The methodology is applied and exploratory in nature, with a ninth-grade class as the audience; follows a quali-quantitative approach, guided by the case study paradigm, and uses questionnaires and usability tests as collection instruments. The results corroborate the literature when they point out that interventions that use augmented reality are engaging, fun and arouse students' curiosity; on the other hand, it highlights that this use lacks present support from the teacher and that its absence cripples the process of investigation and use of applications. The product built and used in the interventions was a paradidactic ebook about the solar system, containing research proposals, recommendations for other materials and integrating the content with augmented reality applications, in order to disseminate active practices mediated by technologies.

**Keywords:** Augmented reality, Science Learning, Inquiry-based Learning.

**Resumo** – A Realidade Aumentada (RA) sai das obras de ficção científica e entra no contexto educacional. É preocupado em como se dá essa absorção pela escola que surge este trabalho: embora os benefícios apontados pelo uso dessa tecnologia já sejam documentados na literatura nacional e internacional, o método didático que orienta seu uso é anterior à tecnologia e merece atenção. Nesse sentido, justifica-se enquanto envereda por uma área pouco explorada na literatura, alinhando-se também a documentos curriculares nacionais. A questão de pesquisa investigada visa identificar quais os impactos de práticas educativas em ciências aliadas à realidade aumentada e desenvolvidas sob o escopo das sequências de ensino investigativas. O objetivo geral é avaliar os impactos de uma proposta metodológica norteada no uso investigativo de objetos de aprendizagem em realidade aumentada e busca, como objetivos específicos, avaliar o uso dos aplicativos pelos alunos, investigar o alcance ou não dos objetivos de aprendizagem e avaliar as contribuições do ebook paradidático usado nas intervenções. A Metodologia é de natureza aplicada e exploratória, tendo uma turma de nono ano como público; segue uma abordagem quali-quantitativa, orientada pelo paradigma do estudo de caso, e usa questionários e testes de usabilidade como instrumentos de coleta. Os resultados corroboram a literatura quando apontam que intervenções que usam realidade aumentada são engajantes, divertidas e despertam a curiosidade dos estudantes; por outro lado, destaca que esse uso carece de um apoio presente do professor e que sua ausência aleija o processo de investigação e uso das aplicações. O produto construído e usado nas intervenções foi um *ebook* paradidático sobre o sistema solar, contendo propostas de investigação, recomendação de outros materiais e integrando o conteúdo aos aplicativos de realidade aumentada, de maneira a difundir práticas ativas mediadas por tecnologias.

**Keywords:** Realidade aumentada, Ensino de Ciências, Ensino Investigativo.

## 1. Introdução

Uma escola inovadora busca encontrar novas formas de ensinar e aprender, em um movimento de adoção das tecnologias da informação e comunicação que reflete o perfil da sociedade moderna tecnológica (ALMEIDA; VALENTE, 2011). Esse movimento aparece, concretamente, sob a presença cada vez mais acentuada dos computadores e softwares e constante readequação do seu papel e formato no processo de ensino.

O mais recente desses formatos, cujo desenvolvimento reúne engenheiros ao redor do mundo, é o da realidade aumentada (RA) e virtual (RV). A realidade aumentada (*augmented reality*, AR) projeta sobre a imagem do real componentes virtuais, enquanto a realidade virtual (*virtual reality*, VR) apresenta a imersão completa na experiência computadorizada (YUEN; YAOYUNYONG; JOHNSON, 2011). Essa tecnologia permite trazer para a sala de aula fenômenos diversos que, pela sua natureza, não permitiriam a visualização de outra forma; além desses fenômenos, geralmente astronômicos ou atômicos, a realidade aumentada também possibilita trazer experimentos virtuais que, embora existam fisicamente, se mostram como uma alternativa de barateamento desse tipo de atividade.

Embora o uso dessa tecnologia na educação, na maioria dos estudos, tenha mostrado efeitos positivos e encorajadores, ele não pode ser visto como uma solução última do processo educacional, sendo também necessário o foco nos processos de aprender e ensinar (NINCAREAN *et al.*, 2013), e o estado da arte aponta que propostas metodológicas focadas nos alunos, aliadas a essa tecnologia como uma ferramenta, podem representar um importante movimento para a educação (DIEGMANN *et al.*, 2015).

Desta maneira, a pesquisa engendrada aqui constrói uma proposição de uso da realidade aumentada, lançando mão de elementos transpostos das Sequências de Ensino Investigativo (SEI). As sequências de ensino investigativo são uma proposta didática do ensino de Ciências e Física que se apoiam em referenciais sociointeracionista e construtivistas e que propõe desenvolver temas científicos através da investigação do objeto de aprendizagem pelos estudantes, caracterizada pela maior liberdade desses no processo de ensino-aprendizado (CARVALHO, 2018).

É preciso que o uso das novas tecnologias dentro da sala de aula esteja alinhado a uma metodologia coerente com o processo de inovação que essas tecnologias representam (OLIVEIRA; COSTA; MOREIRA, 2001); se adota as mesmas dinâmicas pedagógicas e epistemológicas do ensino tradicional, suportado pelo quadro e o giz, inova na tecnologia, mas não no processo de aprendizado.

O trabalho se justifica quando trata do uso da realidade aumentada no contexto educacional de Ciências, avançando sobre um campo pouco explorado que apresenta multifacetados benefícios ao processo de ensino documentados na literatura internacional, como o aumento da motivação, concentração, atenção, criatividade, da memória e da satisfação dos estudantes no processo (DIEGMANN *et al.*, 2015).

Também encontra motivação em documentos curriculares norteadores da educação brasileira: na Base Nacional Comum Curricular, alinhado às competências específicas de Ciências da Natureza para os anos finais do ensino fundamental, quando se esforça na compreensão, pelos estudantes, de fenômenos do Terra e Universo, e no uso das tecnologias da informação e comunicação para acessar e discutir informações (BRASIL, 2018); e também no Currículo de Referência em Tecnologia e Computação para os anos finais do ensino fundamental, do Centro de Inovação para a Educação Brasileira (CIEB), enquanto amplia e ressignifica o uso das tecnologias pelos estudantes no ensino fundamental, de sorte a favorecer a emancipação, a autonomia, a proatividade e o desenvolvimento de competências e habilidades fundamentais para se viver em sociedade (RAABE, BRACKMANN,

CAMPOS, 2020). Essa pesquisa está respaldada também na tímida produção encontrada sobre o uso desses objetos de aprendizagem com métodos ativos, como evidenciado com o mapeamento sistemático de literatura discutido em Dantas e Andrade (2022).

O trabalho tem como objetivo investigar os impactos do uso de realidade aumentada através da abordagem de Ensino Investigativo, baseada em dispositivos mobile, no ensino do sistema solar. Para isso, deve avaliar o uso das aplicações usadas a partir das percepções dos alunos, avaliar o alcance dos objetivos de aprendizagem eleitos para as intervenções e também deve investigar as contribuições do ebook paradidático usado no processo de aprendizagem.

## **2. Metodologia**

Quanto à natureza da pesquisa colocada aqui, define-se como aplicada, enquanto mobiliza conhecimentos teóricos, aliados a tecnologias existentes, na aplicação, produzindo conhecimento a partir da avaliação desse esforço (PRODANOV, 2013). Especificamente, congrega elementos das Sequências de Ensino Investigativo aos aplicativos *AR Solar System* e *Sky View*, na proposição de investigação do sistema solar em realidade aumentada.

A abordagem de pesquisa classifica-se como quali-quantitativa, vistas que tem o ambiente de aplicação como fonte direta de dados e a relação pesquisador com o objeto de estudo, que se encontra inserido no ambiente de análise (PRODANOV, 2013), mas também tece conclusões a partir de análise estatística. A pesquisa também é fundamentalmente exploratória, dado que, como aponta a revisão de literatura de Dantas e Andrade (2022), o tema é pouco explorado e necessita mais aprofundamento.

O tipo de pesquisa a ser adotada será o estudo de caso, porquanto investiga vínculos causais de intervenções na vida real, em situações cujo pesquisador tem pouco ou nenhum domínio das variáveis pertinentes (FILHO, FREIRE, MAIA, 2021), e que os limites entre o fenômeno estudado e o contexto em que estão situado não são claramente definidos (YIN, 2001), em estreita relação com o problema colocado, que indaga dos efeitos na aprendizagem de alunos de intervenções em sala de aula

que lançam mão de objetos de aprendizagem em realidade aumentada, norteados por uma metodologia ativa. O caso que será estudado é do tipo caso único, com pretensões exploratórias e com uma única unidade de análise.

Os instrumentos adotados na pesquisa visam a avaliação da prática através da percepção dos alunos sobre a experiência com os aplicativos e instrumentos sobre a efetivação da aprendizagem na intervenção. O principal dos instrumentos, o questionário Modelo de Avaliação de Abordagens Educacionais em Realidade Aumentada Móvel (MAREEA, HERPICH *et al.*, 2019), serve ao propósito de avaliação mais geral das impressões dos estudantes sobre o uso das aplicações.

O questionário MAREEA traz questões sobre a usabilidade, engajamento, motivação e aprendizagem ativa e tem o objetivo de analisar abordagens educacionais em realidade aumentada móvel com a pretensão de avaliar a qualidade em termos de experiência de uso e de aprendizagem dos usuários no contexto educacional (HERPICH *et al.*, 2019).

Além do MAREEA, integram o processo de avaliação: a análise da produção dos estudantes, inerente à proposta de investigação e tem o objetivo de identificar se os objetivos de aprendizagem foram alcançados a partir da intervenção, questionários de autoavaliação, que também servem ao propósito de indicar o alcance dos objetivos de aprendizagem pela perspectiva dos estudantes, o questionário de avaliação do produto, que busca avaliar a percepção dos estudantes quanto aos impactos do produto na intervenção, e a gravação das intervenções serve para dar subsídios à escolha do padrão, dentro do estudo de caso.

Os sujeitos da investigação são alunos do nono ano do ensino fundamental e regular da educação básica, contemplando estudantes na faixa etária entre 12 e 16 anos. O lócus de aplicação se trata da escola em que o pesquisador atua, localizada no interior da Paraíba, a Escola Normal Estadual Dom Expedito Eduardo de Oliveira, em Patos-PB. O contexto social em que se situa a escola é formado, principalmente, por alunos oriundos das partes periféricas e mais pobres da cidade.

### **3. Referencial teórico**

#### **3.1. Realidade aumentada**

A realidade aumentada pode ser definida como um arranjo de tecnologias que projetam, sobre a percepção do mundo do usuário, objetos virtuais gerados por computador, como imagens, textos, objetos em três dimensões e vídeos. A literatura já versa sobre os benefícios da inserção dessas tecnologias no contexto educacional, apesar que o limiar da pesquisa e desenvolvimento em RA está sendo impulsionada mais por interesses relacionados a negócios do que a educação (YUEN; YAOYUNYONG; JOHNSON, 2011).

Entre os benefícios da inserção dessa tecnologia na escola e da possibilidade de simulação de situações do mundo real, podem ser citados o aumento do engajamento, da colaboração, da criatividade, da imaginação e da motivação dos estudantes.

Diegmann *et al.* (2015), na meta análise de 25 publicações, sugere que a inserção da realidade aumentada no processo de ensino acarreta o aumento na motivação, que os alunos se encontram mais interessados em interagir com o conteúdo da aprendizagem e o próprio professor; e o aumento na atenção e concentração prestada às atividades educacionais e satisfação no processo de aprender, assegurando também certa medida de diversão.

Algumas características de apresentação dessa tecnologia tem destaque: a realidade aumentada potencializa o detalhamento dos modelos em relação aos livros didáticos e modelos em madeira, incrementa também a acessibilidade ao conteúdo da intervenção e aumenta a interatividade, quando promove novos formatos de interação com os materiais: “Interações em RA engajam os aprendizes com o conteúdo e permitem que o conhecimento seja adquirido através da sua própria (dos estudantes) manipulação do conteúdo (...)” (DÜNSER *et al.*, 2012, p. 113, tradução nossa). Além disso, fora achado também por Diegmann *et al.* (2015), que os estudantes aprendem mais rápido e fácil, potencializa a criatividade, a retenção de conhecimento trabalhado na atividade e o desenvolvimento de habilidades espaciais. Apesar da maioria dos estudos apontarem para um impacto positivo da adoção dessas tecnologias, escreve Nincareana *et al.* (2013) que também é preciso focar nas teorias pedagógicas sobre o uso da realidade aumentada, já que o valor educacional da ferramenta não está unicamente baseado em si mesma.

### **3.2. Sequências de Ensino Investigativo**

O estudo das práticas investigativas mostra-se importante para embasar as práticas metodológicas que são as que os alunos mais aprendem sobre a Ciência e desenvolvem melhor seus conhecimentos conceituais, participando das “investigações científicas” (AZEVEDO, 2004).

As sequências de Ensino Investigativo (SEI) aplicadas ao Ensino de Ciências contam com algumas atividades fundamentais: inicia-se com um problema contextualizado, que move os estudantes e permite que os alunos trabalhem as variáveis pertinentes ao fenômeno; depois da ação manipulativa, discussão e consequente resolução da problemática, é preciso uma atividade de sistematização dos conhecimentos produzidos pelos alunos, de maneira que se promova a superação da explicação causal da solução do problema em razão da conceituação generalista do fenômeno, que confere acomodação piagetiana ao novo conhecimento (CARVALHO, 2013). As SEI agem de maneira a elevar a iniciativa do aluno para que ele defenda suas ideias com segurança e permite desenvolver várias formas de habilidades, como manipulações, observações, reflexões, discussões e escrita (CARVALHO, 1998).

Sendo assim, o primeiro esforço teórico que esse trabalho engendra é transpor as diretrizes da SEI para um ambiente de realidade aumentada; especificamente, deve discutir como a formulação do problema de investigação e os tipos de manipulação se desenham neste novo contexto, que não possibilita uma manipulação real dos objetos. Dada essa característica da manipulação do objeto de aprendizagem, as noções orientadoras para a proposição da problemática também precisam ser revistas para acomodar os tipos de interação realidade aumentada-aluno.

Um comentário devido é que existem aplicações que permitem a imersão mais aguda nos ambientes, contando com a manipulação de objetos virtuais diretamente pelo usuário; esse tipo de aplicação, com efeito, permitiria o uso das sequências de investigação como propõe Carvalho (1998) sem muitas mudanças no trânsito de experimentos reais para virtuais. Não obstante, essa tecnologia, que requer dispositivos específicos e alto desempenho, tem preço pouco acessível à maioria das instituições educacionais. Por isso, o escopo deste trabalho alveja o tipo de tecnologia

mais difundida de realidade aumentada, associada a marcadores físicos, mas que permite formas mais simples de interação com os objetos virtuais; e, desta maneira, transplanta elementos das práticas investigativas para um novo contexto, com os necessários ajustes metodológicos, de sorte a não descaracterizar a metodologia, mas de lhe dar novos contornos.

O planejamento das SEI prevê diversas frentes de investigação, "(...) por exemplo: laboratório aberto, demonstração investigativa, textos históricos, problemas e questões abertas e recursos tecnológicos" (CARVALHO, 2018, p.767); nesta pesquisa, o enfoque foi dado ao uso de recursos tecnológicos, com o uso de questões abertas e propostas de investigação. As problemáticas eleitas nas práticas investigativas são diferentes dos problemas propostos em listas de exercícios ou em aulas de laboratório. Não é uma questão qualquer, precisa estar contido na cultura social dos alunos e dar condições para que os alunos passem das ações manipulativas às ações intelectuais (elaboração e teste de hipóteses, raciocínio proporcional, construção da linguagem científica), e que construam explicações causais e legais (CARVALHO, 2018). Por exemplo: "Por que nós sentimos mais calor quando estamos de roupa preta do que com outra roupa mais clara?" traduz o conhecimento de que o preto é ausência, pelo menos parcial, de luz refletida, sugerindo a absorção da radiação e conseqüente transformação em energia térmica pelos corpos que apresentam essa "cor". É característico do problema investigativo também que, para preservar a natureza da investigação, ele não admita soluções fechadas, como "Prove que a aceleração da gravidade é  $9,8 \text{ m/s}^2$ .", mas abertas, como: "Qual a aceleração você pode ter?" (CARVALHO, 1998).

A manipulação do experimento, etapa entre a proposição do problema e a construção e testes de hipóteses, serve para permitir que os alunos estabeleçam relação entre a sua ação e reação da coisa manipulada. Uma vez encontrada a solução para o problema proposto a partir da manipulação do experimento, o processo de investigação não encerra, devendo contemplar ainda a reflexão, os relatos, discussões, ponderações e explicações, até chegar a fase de tomada de consciência de suas ações - todas elas naturais ao domínio do fazer científico (CARVALHO, 1998).

A avaliação, em resposta às mudanças nas posturas dos alunos e do professor, também muda nas práticas investigativas. O professor deve parar "(...) de julgar o quanto a resposta de A foi melhor do que a de B e indagar: Que perguntas ou

situações devo propor a B para que ele também possa construir seu conhecimento e superar suas dificuldades?” Nesse novo universo avaliativo, o erro não é mais o punível fruto de desatenção do aluno, cuja correção deve ser imediata e conseguinte, mas oportunidades de aprendizagem que o professor se mune e, na problematização do raciocínio que levou ao erro, cria conflitos cognitivos e permite que o próprio aluno supere o seu erro (CARVALHO, 1998).

#### 4. Desenvolvimento

As intervenções foram realizadas com, em média, 20 alunos em sete encontros a serem apresentados a seguir. No primeiro encontro, os alunos foram introduzidos ao estudo do sistema solar, discutindo as características do Sol, Mercúrio e Vênus. Usando o aplicativo *AR Solar System* e o material de apoio, os estudantes discutiram a problemática: qual o planeta com maior temperatura no sistema solar? Depois, as conclusões foram socializadas com a sala e então responderam ao questionário de autoavaliação.



**Figura 1 – Alunos durante as intervenções**

**Tabela 1 – Planejamento do primeiro encontro**

<b>Habilidade da BNCC:</b> (EF09CI14) Descrever a composição e a estrutura do Sistema Solar (Sol, planetas rochosos, planetas gigantes gasosos e corpos menores), assim como a localização do Sistema Solar na nossa Galáxia (a Via Láctea) e dela no Universo (apenas uma galáxia dentre bilhões).	
<b>Objetivos:</b> identificar os elementos constituintes do sistema solar, relacionar a posição e a atmosfera de um planeta com a sua temperatura.	
10 min	Discussão com os alunos sobre o que será feito nas próximas intervenções, sobre o que se espera deles e apresentação do ebook.

10 min	Introdução ao estudo pelo professor sobre o universo, o planeta Terra e o sistema solar.
20 min	Leitura em grupo do conteúdo sobre o Sol, Mercúrio e Vênus no material de apoio.
25 min	Proposição de discussão em grupo com a problemática: qual o planeta mais quente do nosso sistema solar? Nesse ponto, deve-se ajudar os alunos a associar a temperatura de um planeta com a sua atmosfera, além da proximidade ao Sol; uma conexão com o aquecimento global pode ser feita aqui e os alunos podem explorar no aplicativo ( <b>AR Solar System</b> ) sobre a posição e características desses planetas.
15 min	Discussão em sala com as conclusões chegadas, revisitando a problemática.
10 min	Autoavaliação sobre a participação no processo de investigação e a apreensão dos conteúdos discutidos.
<b>Avaliação:</b> a partir da autoavaliação e da observação da discussão dos estudantes sobre a problemática colocada.	

No segundo encontro, as discussões anteriores foram retomadas, buscando compreender também pontos pouco entendidos a partir do instrumento de autoavaliação. Depois, os alunos foram apresentados ao gênero de infográfico para que eles construam um que sistematize as discussões ocorridas.

**Tabela 2 - Planejamento do segundo encontro**

20 min	Após identificar pontos pouco compreendidos a partir da autoavaliação, deve-se revisar os pontos do encontro anterior, voltando a discutir com a sala as características dos planetas Mercúrio e Vênus, e a razão do último ser o mais quente do sistema solar.
20 min	Apresentação do que é um mapa conceitual e um infográfico, dando exemplos e destacando os seus elementos.
40 min	Atividade de sistematização dos alunos, em que eles devem criar um resumo, mapa ou infográfico que compreenda as discussões realizadas sobre o Sol, Mercúrio e Vênus.
10 min	Feedback aos alunos sobre as suas produções, pontos fortes e pontos que podem melhorar nas próximas produções.
<b>Avaliação:</b> A partir da produção de sistematização dos estudantes.	

No terceiro encontro, os alunos devem relacionar as ideias de ano e dia com as de rotação e translação e identificar, em grupo e no aplicativo, o planeta que possua um ano com menor duração que um dia. Depois, construíram um infográfico que resume as discussões ocorridas em grupo e com a turma e realizaram a autoavaliação.

**Tabela 3 - Planejamento do terceiro encontro**

<b>Objetivos:</b> associar a ideia de rotação e translação a de dia e ano, identificar um planeta no aplicativo com o dia maior que o ano.	
15 min	Revisitação da leitura das páginas do ebook em sala, a fim de assegurar que os alunos possuem os elementos básicos para a discussão seguinte.

20 min	Proposição de investigação no aplicativo e discussão em grupo: algum planeta possui um ano mais curto que um dia? Neste ponto, deve-se ajudar os alunos a associar a ideia de rotação e translação com as de dia e ano.
20 min	Discussão em sala sobre a problemática proposta, em que os alunos devem expor suas conclusões.
20 min	Construção de infográfico sobre rotação e translação de um planeta.
10 min	Autoavaliação sobre as noções de rotação e translação.
<b>Orientação para casa:</b> Continuação da leitura das próximas páginas do ebook sobre a Terra	
<b>Avaliação:</b> A partir da produção de sistematização dos estudantes e da autoavaliação.	

No quarto dia de intervenção, os estudantes discutiram e exploraram no aplicativo as principais características associadas à vida em um planeta. Os alunos foram indagados sobre a distância da Terra à estrela do sistema e como isso se relaciona com a presença de água líquida e atmosfera no planeta; além disso, o papel da lua no desenvolvimento da vida na Terra também deve ser observado, seja como um regulador de condições naturais no planeta, seja como um escudo galáctico contra asteroides.

**Tabela 4 - Planejamento do quarto encontro**

<b>Objetivos:</b> Identificar as principais características associadas com vida em um planeta.	
15 min	Revisitação da leitura das páginas do <i>ebook</i> em sala, a fim de assegurar que os alunos possuem os elementos básicos para a discussão seguinte. <i>Feedback</i> sobre as produções anteriores.
25 min	Proposição de investigação no aplicativo e discussão em grupo: quais as características básicas de um planeta para que ele consiga abrigar vida? Neste ponto, os alunos devem investigar no aplicativo alguns desses elementos, como uma atmosfera, uma distância ideal do Sol, uma lua e seu papel. Os alunos podem ser indagados sobre a distância da Terra à estrela do sistema e como isso se relaciona com a presença de água líquida e atmosfera no planeta.
20 min	Discussão em sala sobre a problemática proposta, em que os alunos devem expor suas conclusões.
20 min	Construção de infográfico sobre as condições básicas de vida em um planeta, em que os alunos devem corporificar as discussões anteriores.
10 min	Autoavaliação sobre o processo de investigação e as características necessárias para a existência de vida em um planeta.
<b>Orientação para casa:</b> Continuação da leitura das próximas páginas do <i>ebook sobre a Lua</i> .	
<b>Avaliação:</b> A partir da produção de sistematização dos estudantes e da autoavaliação.	

No quinto encontro, os alunos começam investigando dois veículos de exploração planetária em realidade aumentada, buscando identificar suas características, como sua forma de obtenção de energia e mobilidade, associando esses elementos com o planeta que ele explora. Depois, discutiram a problemática sobre a lua de Júpiter e Mercúrio, de sorte a caracterizar as noções de planeta e Lua.

**Tabela 5 - Planejamento do quinto encontro**

<b>Objetivos:</b> Definir as noções de planeta e lua, associar as características dos veículos de exploração com as do planeta que eles exploram.	
20 min	Discussão sobre os veículos de exploração (Curiosity e Ingenuity) e proposta de investigação em realidade aumentada: qual o modo de locomoção deles? Por que da diferença entre eles? Neste ponto, deve-se ajudar os estudantes a perceber as características dos veículos e que a base de propulsão não poderia voar em uma atmosfera rarefeita.
10 min	Discussão em sala sobre a problemática proposta, em que os alunos devem expor suas conclusões.
20 min	Leitura em sala e em grupo sobre as luas de Júpiter e sobre as características de um planeta, sob a problemática: por que Mercúrio é um planeta e Titan, que é maior que ele, não é considerada um? Ajude os alunos a entender as definições associadas a planetas e luas e que não é unicamente definido pelo seu tamanho.
20 min	Discussão em sala sobre as conclusões alcançadas pelos estudantes.
10 min	Autoavaliação sobre as noções de planeta.
<b>Orientação para casa:</b> Continuação da leitura das próximas páginas do <i>ebook</i> .	
<b>Avaliação:</b> A partir da autoavaliação e da observação em sala.	

Depois, os alunos devem retornar às discussões ocorridas e discutir a problemática sobre a organização do sistema solar, então realizar a atividade de sistematização das discussões, a de significação cultural das constelações e o formulário de avaliação de práticas com realidade aumentada MAREEA sobre o aplicativo *AR Solar System*.

**Tabela 6 - Planejamento do sexto encontro**

<b>objetivo:</b> associar a distância do sol às características do planeta.	
10 min	Revisitação da leitura das páginas do <i>ebook</i> em sala, a fim de assegurar que os alunos possuem os elementos básicos para a discussão seguinte. <i>Feedback</i> sobre as produções anteriores.
20 min	Discussão em grupo sobre a organização do sistema solar sob a problemática: qual a característica dos quatro primeiros que é diferente dos quatro últimos planetas? Investigação no aplicativo.
30 min	Atividade de sistematização em que os alunos devem construir um infográfico ou mapa conceitual sobre a organização do sistema solar.
10 min	Atividade sobre a significação cultural das constelações, em que os alunos devem pintar diversos pontos em uma folha e depois tentar conectá-los a fim de formar uma imagem. Associar com as diferentes representações do céu.
10 min	Aplicação do formulário de usabilidade sobre o aplicativo <i>AR Solar System</i> .
<b>Orientação para casa:</b> Identificar uma constelação e responder às problemáticas colocadas em sala: você consegue identificar uma constelação? Elas são feitas apenas de estrelas ou também planetas? Identifique algumas estrelas que compõem a constelação. Todas são visíveis no céu?	

**Avaliação:** A partir da autoavaliação e das respostas escritas colocadas pelos alunos.

Finalmente, será retornada as observações realizadas pelos alunos e discutir sobre a experiência do aplicativo sobre as constelações e avaliação do *ebook*. Os resultados das intervenções são discutidos adiante.

**Tabela 7 - Planejamento do sétimo encontro**

<b>Habilidade da BNCC:</b> (EF05CI10) Identificar algumas constelações no céu, com o apoio de recursos (como mapas celestes e aplicativos digitais, entre outros), e os períodos do ano em que elas são visíveis no início da noite.	
<b>Objetivos:</b> compreender o significado cultural outrora associado às constelações, sua constituição, o problema da poluição luminosa associado a observação, identificar constelações e seus elementos, diferenciar constelação de asterismo.	
30 min	Revisitação das discussões e observações sobre as constelações.
10 min	Autoavaliação sobre as noções de constelação, estrelas e planetas.
20 min	Formulário de usabilidade (MAREEA) sobre o aplicativo SKYVIEW.
20 min	Formulário de uso do <i>ebook</i> .
10 min	<i>Feedback</i> aos estudantes sobre os seus desempenhos nas aulas.
<b>Avaliação:</b> A partir da autoavaliação e das observações em sala.	

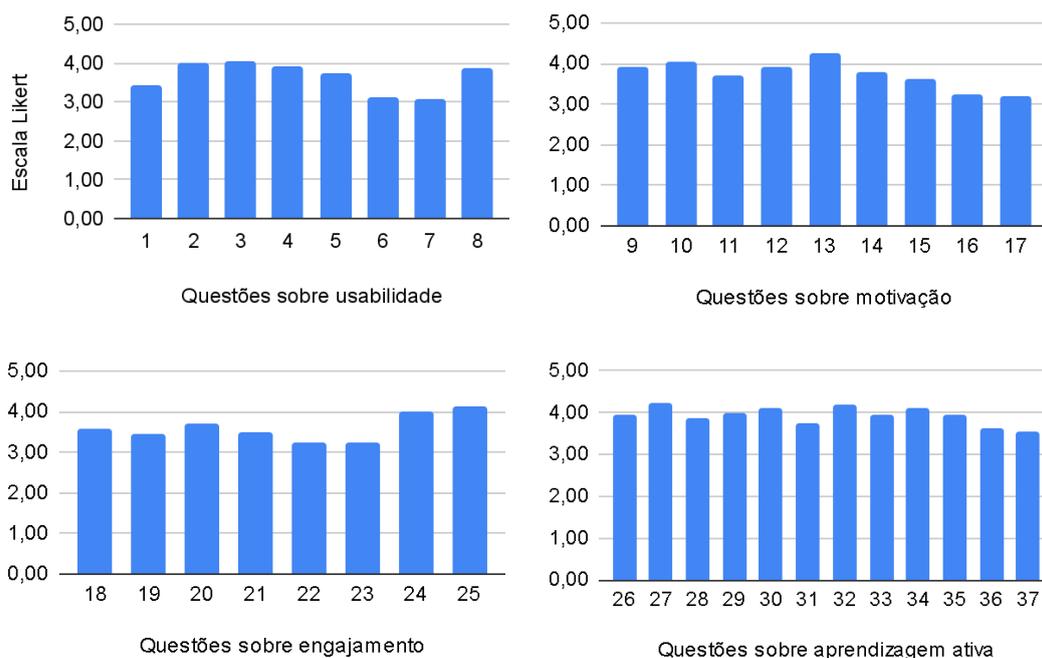
## 5. Resultados

Os resultados dessa pesquisa são descritos a partir de vários instrumentos. Na análise do questionário MAREEA, as considerações serão divididas entre os elementos que o compõem: usabilidade, engajamento, motivação e aprendizagem ativa. Também serão analisados o alcance ou não dos objetivos de aprendizagem, a partir da observação direta do professor e dos produtos construídos pelos alunos e o resultado dos instrumentos de autoavaliação. Por fim, são também discutidos os resultados do questionário de avaliação do material paradidático usado nas intervenções. Foi usado o aplicativo Google Planilhas para o cálculo de média e desvio padrão (dp) respectivamente para análise das respostas dos estudantes.

### 5.1. Resultados do MAREEA da aplicação AR Solar System

O aplicativo AR Solar System foi o primeiro a ser utilizado. Ele foi escolhido por ser baseado em marcadores, buscando aumentar o número de dispositivos compatíveis. Interessantemente, alguns dos smartphones não são compatíveis com o software, porque ele foi desenvolvido para uma versão ultrapassada do sistema Android. O

aplicativo foi usado em quatro dos sete encontros e o resultado sumário do modelo de avaliação de abordagens educacionais em realidade aumentada móvel consta a seguir.



**Figura 2 – Gráficos dos valores médios para as questões do formulário MAREEA para o aplicativo AR Solar System**

O questionário possui 37 questões, divididas entre os universos de usabilidade (8), engajamento (10), motivação (8), e aprendizagem ativa (11), e incorpora a escala Likert, associando os valores de um a cinco, respectivamente, para as colocações: discordo totalmente, discordo, nem concordo nem discordo, concordo e concordo totalmente.

A usabilidade remete, de maneira geral, a experiência do usuário com a aplicação, se desdobrando em critérios de aprendizibilidade, operabilidade, acessibilidade, prevenção de erros e estética. Na escala usada, quanto mais próximos de cinco os valores das médias estão, mais fortemente concordam os indivíduos com a sentença; valores abaixo de três apontam discordância. Desta maneira, cabe destacar as questões dois (4.0) e três (4.06), que sugerem que o aplicativo é fácil de usar e possui uma curva de aprendizagem suave. As questões seis e sete, por outro lado, evidenciam que o aplicativo pode levar os estudantes a cometer erros e que, caso isso aconteça, o usuário demora a corrigir.

É razoável sugerir que a facilidade dos estudantes em usar o aplicativo esteja associada aos momentos que antecederam o uso, em que o professor pesquisador apresentou o aplicativo, suas funções e como usar. É possível também associar as dificuldades dos estudantes ao fato desta ser a primeira experiência deles com um

aplicativo de realidade aumentada, e que pesquisas anteriores relatam dificuldade do usuário iniciante em, por exemplo, conseguir operar o aplicativo e manusear o marcador ao mesmo tempo.

Em resumo, o quesito usabilidade alcançou um valor de 3.7, apontando para uma relativa facilidade dos estudantes no uso do aplicativo, embora tenham encontrado problemas em lidar com os erros apresentados pelo sistema. Os valores de desvio-padrão se encontram próximos, apontando a convergência dos resultados.

O quesito de engajamento é associado a uma resposta de um usuário para uma interação que incentiva a sua atenção, especialmente quando se encontra motivado (HERPICH et al., 2019). Contempla elementos de estética, novidade percebida pelos usuários, aceitabilidade, envolvimento e atenção.

Nesse universo, cabe destacar o resultado da questão 13, que evidencia uma concordância sobre a dimensão de diversão associada ao uso da realidade aumentada; essa dimensão, inclusive, é reiterada na literatura. As questões 10, 14, 15 sugerem que os alunos avaliam bem, de maneira geral, o uso do aplicativo, apontando curiosidade e interesse. As questões 16 e 17 discutem o nível de envolvimento e imersão dos estudantes e, no entanto, apresentam baixos níveis de concordância. Esse resultado pode estar associado a modalidade de realidade aumentada usada; o modelo baseado em dispositivos móveis e marcadores é o menos imersivo de todos, dividindo a atenção do usuário entre a aplicação e os arredores.

A noção de motivação incorporada no questionário MAREEA está associada à intensidade com que as pessoas perseguem determinado objetivo; e pode ser dividida entre aspectos de atenção, relevância, confiança e satisfação. Abaixo, o extrato das questões dessa seção.

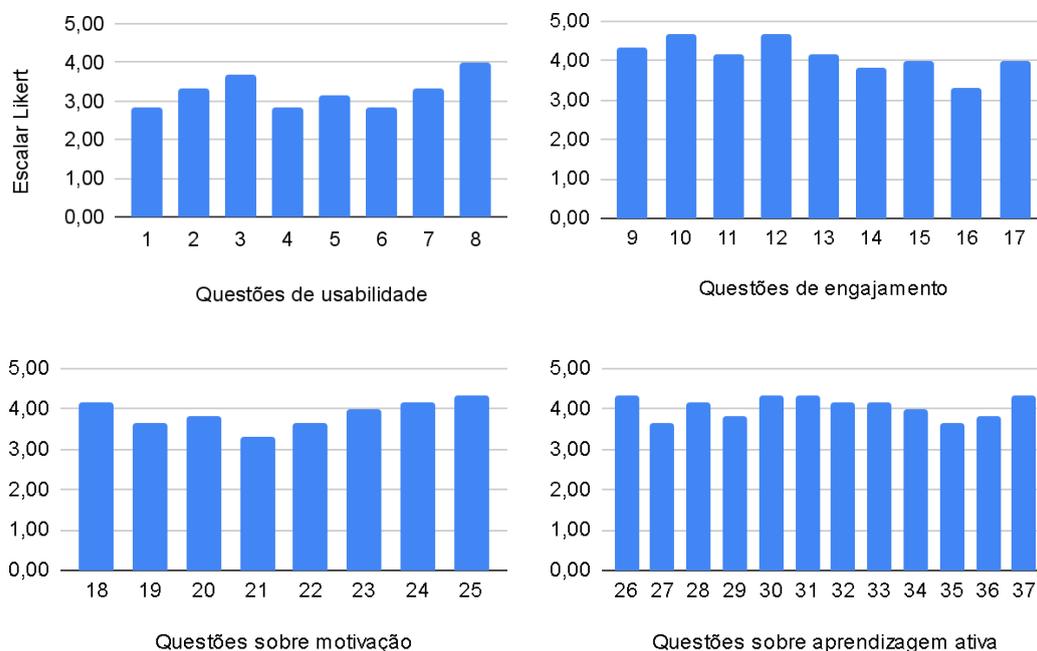
As questões de número 24 e 25 convergem e merecem destaque: com um alto valor de concordância e baixo desvio, as respostas sugerem que os estudantes ficaram satisfeitos com a aplicação e que gostariam de saber mais sobre o conteúdo. As questões 20, 21, 22 e 23, por outro lado, sugerem baixa confiança dos alunos quanto às atividades realizadas com o aplicativo e podem estar associadas ao fato de ter sido um dos primeiros contatos dos alunos com as práticas investigativas. O resultado da questão 19 pode ser explicada pelo conteúdo instrucional do aplicativo, sistema solar, que tem pouca relação com a vida diária dos alunos.

A aprendizagem ativa é entendida no questionário como aquela que envolve os sujeitos no processo de aprendizagem; pode ser decomposta em efetividade, desafio, feedback, segurança e complexidade.

Do resultado, percebe-se que as questões 26, 28, 33, 34 e 35 concordam que os alunos veem o aplicativo apropriado para a instrução, especialmente tendo em mente que o conteúdo instrucional da aplicação não permite a reprodução das atividades em laboratório - que pode ser associado também a baixa concordância encontrada na questão 36. A baixa concordância da questão 37 pode ser associada ao nível de aplicação e ao conteúdo instrucional da aplicação.

## 5.2. Resultados do MAREEA da aplicação SkyView

O aplicativo Skyview Lite foi utilizado em dois encontros com o objetivo de permitir aos estudantes que conseguissem localizar constelações e estrelas no céu noturno. As observações foram feitas pelos estudantes em suas residências, norteadas pelas questões problematizadoras colocadas.



**Figura 3 - Gráficos dos valores médios para as questões do formulário MAREEA para o aplicativo SkyView**

Considerando que a usabilidade remete, de maneira geral, a complexidade do uso do sistema pelo usuário final, cabe dizer que o aplicativo Skyview contou com

queixas deste teor associadas ao seu uso; da discussão com os alunos, essas queixas estavam, na maioria das vezes, ligadas ao processo de calibração do aplicativo.

Como a aplicação usa a posição do GPS (*Global Positioning System*) e o giroscópio do dispositivo para projetar as constelações no céu do usuário, o *software* por vezes sugeriu o processo de calibração ou apenas não posicionou as constelações corretamente.

As questões 1-4 reiteram as discussões tidas em sala: a curva de aprendizado do aplicativo é bastante inclinada e que não é fácil de usar ou entender. Além disso, o aplicativo não torna difícil que o usuário cometa erros (questão 6) e não promove uma recuperação rápida quando um erro ocorre.

Das discussões, é razoável supor que a maior parte do estranhamento dos alunos com essa aplicação pode estar associada aos seus recursos de geolocalização e giroscópio, que nunca foram usados pelos alunos antes. Outro ponto levantado é a ausência do professor no momento de uso, o que pode ter deixado a experiência mais desafiadora, principalmente em relação ao primeiro aplicativo.

Discutindo elementos de engajamento, isto é, da retenção da atenção do usuário na interação com o sistema, cabe dar destaque a quesitos que encontraram os seus maiores valores de concordância no Skyview: as questões 10 e 12 atingem média 4.67, maior das questões do formulário, com um baixo valor de desvio padrão, e sugerem que a experiência com o aplicativo foi envolvente, gratificante e que valeu extremamente a pena.

O questionário sugere também que a informação gráfica da aplicação foi satisfatória (9) e despertou a curiosidade dos estudantes (14 e 15). A questão 17 concorda que os alunos ignoraram algumas coisas ao redor enquanto usavam o aplicativo, e essa conclusão também é reiterada na literatura do uso da realidade aumentada em experiências sem marcadores e baseados em geolocalização como com esse aplicativo.

A motivação, que está associada com o estado de espírito do usuário na busca por determinado objetivo com a aplicação, também encontra grandes valores de concordância. As questões 23, 24 e 25 sugerem que os alunos gostaram da experiência, de maneira geral, e que gerou maior interesse no assunto.

Os resultados das questões 19 e 20 podem estar associados, como com o AR Solar System, com o fato de que o conhecimento sobre constelações não estar

presente na vida diária dos estudantes. As 21 e 22, por outro lado, apontam que a atividade sem a presença do professor pode ter diminuído a confiança dos estudantes no alcance dos objetivos de aprendizagem ou da realização da atividade.

O quesito de aprendizagem ativa está relacionado com o comportamento dos estudantes durante o processo de ensino. Do questionário, os alunos apontam que o aplicativo permitiu compreender melhor o conteúdo e que as simulações são úteis ao aprendizado com feedback visual das interações.

A solução também permite interagir com situações que dificilmente se realizarão no mundo real e os alunos concordam também que as simulações são apropriadas para uma experiência de aprendizado. Deste universo de questões, os alunos concordam pouco sobre a potencialidade do uso desta aplicação em outros contextos, como na vida real ou em laboratório.

### 5.3. Produção dos alunos sobre o uso do AR Solar System

No fim dos momentos de discussão e investigação do aplicativo, os alunos foram orientados a construção de um desenho que sistematizasse e fosse capaz de responder às questões colocadas. Ao todo, houveram quatro momentos de construção de desenhos sobre o sistema solar e seus resultados são discutidos adiante. Discutindo o planeta com maior temperatura do sistema solar, 85% dos alunos conseguiram manifestar no desenho aspectos que respondem à questão colocada e discutida em sala. Na imagem abaixo, o desenho da esquerda é de um aluno que alcançou os objetivos de aprendizagem, enquanto o da direita sugere que os objetivos de aprendizagem ainda não foram alcançados.

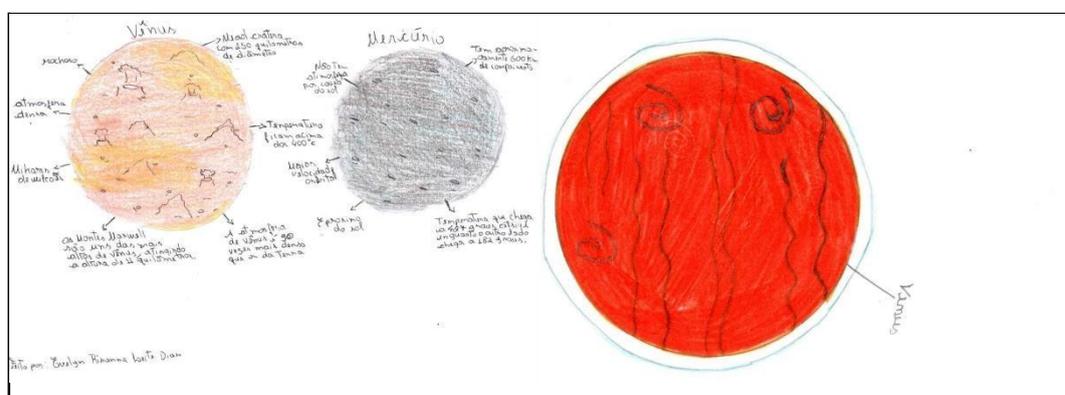
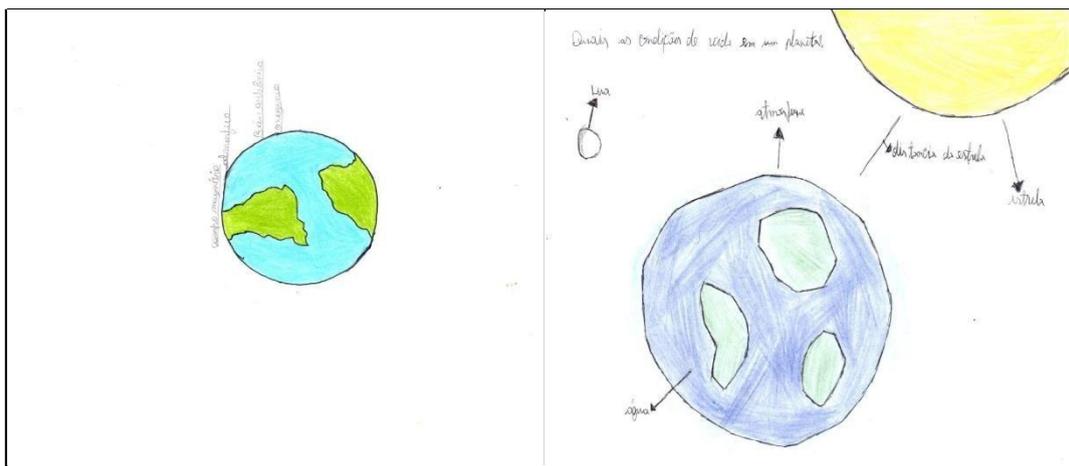


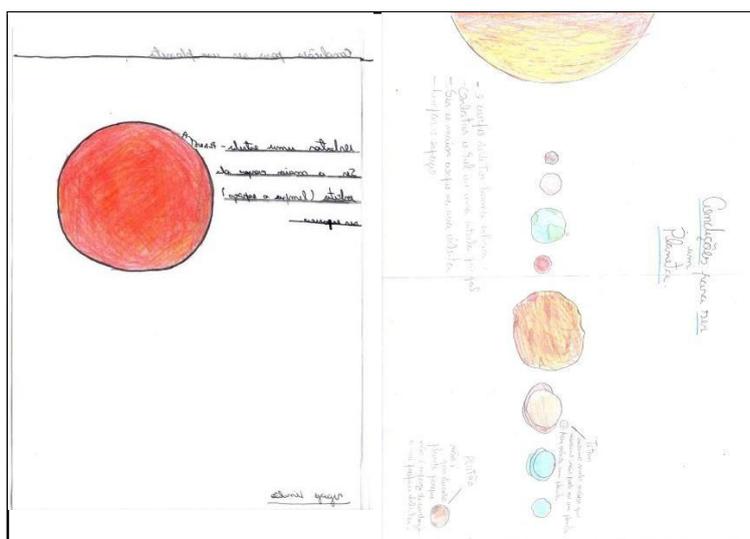
Figura 4 – Produção dos estudantes sobre a questão sobre a temperatura dos planetas.

Discutindo sobre as condições necessárias para a vida em um planeta, 90% dos estudantes conseguiram manifestar as principais características necessárias à vida, enquanto 10% dos alunos construíram trabalhos incompletos ou com elementos incorretos. A imagem da esquerda mostra o trabalho que não demonstra o alcance dos objetivos, enquanto o da direita, apoiado da discussão em sala, sim.



**Figura 5 – Produção dos estudantes sobre as condições de vida em um planeta.**

Discutindo agora as condições para a classificação de um corpo astronômico como planeta, cabe dizer que 75% dos estudantes conseguiram traduzir as discussões no desenho de maneira satisfatória, trazendo as suas principais características.



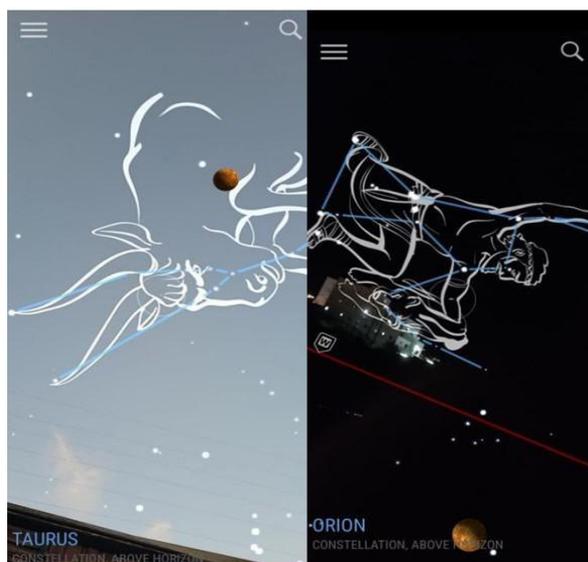
**Figura 6 – Produção dos estudantes sobre condições para a classificação de um planeta.**

Acima, o trabalho da direita evidencia um aluno que alcançou os objetivos de aprendizagem e o da esquerda não.

#### 5.4. Produção dos alunos sobre o uso do SkyView

Os alunos foram guiados por questões norteadoras durante a observação do céu através do SkyView; a avaliação dos alcances de aprendizagem eleitos para a intervenção obedeceu a construção escrita dos estudantes sobre as questões colocadas e as discussões em sala sobre a observação.

Uma primeira nota importante é que dos 20 (em média) estudantes participantes do estudo, apenas sete realizaram as atividades de observação em casa: isso sugere que a presença do professor tem um papel basilar na prática investigativa, não importa o objeto de aprendizagem usado.



**Figura 7 – Constelações identificadas pelos estudantes.**

Dos alunos que usaram o aplicativo, apenas dois tomaram nota sobre as questões colocadas; os outros usaram o aplicativo, mostraram entusiasmo na fala sobre aplicação e mandaram *screenshots* do uso, mas não responderam às questões. Abaixo, o recorte da escrita dos dois alunos:

Aluno 16: constelação de orion [sic]. Aparentemente é feito só de estrelas. Uma delas é a

Belatrix.

Aluno 12: constelação de Taurus. Feita de estrelas como Alpha Turi, Beta Turi e Electra.

**Quadro 1 – Produção dos alunos após uso do SkyView.**

Com apenas sete estudantes realizando a observação e dois tomando nota das questões, as discussões em sala foram prejudicadas e a intervenção acabou assumindo uma proposta mais centrada no professor e menos dialógica. Desta maneira, pôde ser percebido que os objetivos de aprendizagem colocados para esse momento não foram alcançados pela maioria dos estudantes.

### 5.5. Resultados da autoavaliação dos alunos

O alcance ou não dos objetivos de aprendizagem eleitos para as intervenções obedecem a três elementos: a observação direta do professor, a autoavaliação realizada pelos estudantes e os produtos construídos por eles no decorrer da intervenção. Na autoavaliação, os alunos responderam questões objetivas com três opções em três momentos diferentes. A tabela abaixo traz a porcentagem de concordo (c), neutro (n) ou discordo (d) atribuídas as sentenças pelos alunos.

**Tabela 8 – Instrumentos de autoavaliação**

Sentenças	c(%)	n(%)	d(%)	DV
Eu participei das discussões em grupo, li o texto, propus respostas ao problema do professor e investiguei o aplicativo através de respostas.	75	25	0	0.45
Eu consigo definir bem o Sol, Mercúrio, Vênus, e suas características.	67	25	8	0.67
Eu sei qual é o planeta mais quente do sistema solar e a razão disso.	83	0	17	0.78
Eu entendi, consigo diferenciar rotação e translação e relacionar esses conceitos com a duração de dia e ano de um planeta.	59	33	8	0.67
Eu participei das discussões em grupo, li o texto, propus respostas ao problema do professor e investiguei o aplicativo através de respostas.	79	21	0	0.43
Eu sei quais as características básicas para que um planeta tenha vida.	86	14	0	0.36
Eu entendi o que é uma lua e o papel da nossa no desenvolvimento de vida na Terra.	72	21	7	0.63
Eu entendi como as características dos diferentes veículos de exploração se adequam ao planeta em que estão.	79	21	0	0.43
Eu entendi o que é translação e rotação e como isso está relacionado com a duração do ano e do dia em um Planeta.	71	29	0	0.47

Eu consigo definir bem a Terra, a Lua e Marte e suas características.	79	21	0	0.43
Eu participei das discussões em grupo, li o texto, propus respostas ao problema do professor e investiguei o aplicativo atrás de respostas.	88	6	6	0.54
Eu consigo definir bem Júpiter, Saturno, Urano, Netuno e suas características.	75	19	6	0.60
Eu entendi como o sistema solar se organiza e como isso se relaciona com a sua formação e com a constituição dos planetas.	81	19	0	0.40
Eu consigo definir bem o que é e o que não é um planeta e suas características.	88	12	0	0.34
Eu sei definir bem o que é uma constelação, e consigo diferenciar planetas e estrelas a partir de observação do céu.	69	25	6	0.62

Da análise do resultado dos instrumentos de autoavaliação, uma primeira nota importante é que os alunos aumentaram, progressivamente entre as intervenções, o nível de concordância sobre a questão da participação das discussões em grupo e no processo de investigação - isso sugere, como é reiterado na literatura, que a familiaridade com práticas investigativas é importante para o seu sucesso e que esse movimento é um processo contínuo por parte dos alunos.

No primeiro instrumento, cabe dar destaque a questão sobre o planeta com maior temperatura do sistema solar, questão essa que foi alvo de investigação com a aplicação e possui 83% de concordância entre os alunos sobre o seu alcance. As noções de rotação e translação, por outro lado, encontram um baixo nível de concordância, alcançando apenas 59% dos estudantes. Questões que encontraram baixos níveis de concordância nos instrumentos foram abordadas novamente nas intervenções seguintes.

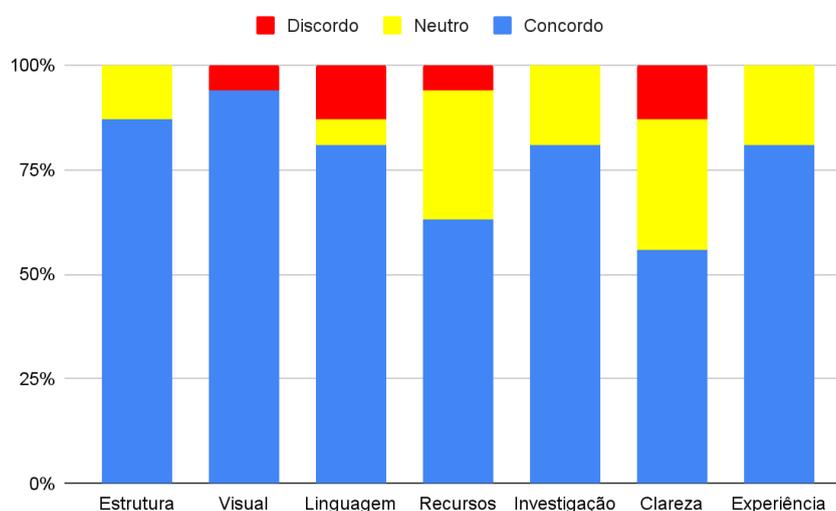
No segundo instrumento, os alunos sugerem um bom nível de compreensão sobre as condições de vida em um planeta, que foi outra questão de investigação, e apresentam melhora na definição de rotação e translação e sua relação com as noções de dia e ano. O instrumento aponta também que a maioria dos alunos consegue definir bem os planetas discutidos e os veículos de exploração usados.

O terceiro instrumento aponta que a maioria dos alunos conseguem definir o que é um planeta, e entenderam como se dá a organização do sistema solar, em termos de planetas terrestres e gasosos. Pontos poucos compreendidos são as noções associadas às constelações e a definição dos planetas gasosos.

## 5.6. Avaliação do ebook de Investigação em Realidade Aumentada

O produto da intervenção, um [ebook](#) paradigmático sobre o conteúdo do sistema solar e constelações.

O ebook foi avaliado pelos estudantes com sete questões objetivas que discutiam a estrutura, a apresentação visual, a linguagem usada, os recursos do produto, as propostas de investigação, a clareza das informações e a experiência de aprendizado. O questionário tinha três opções - concordo, neutro e discordo - e o gráfico abaixo discrimina as respostas dos estudantes.



**Figura 8 – Resultado do instrumento de avaliação do ebook.**

Discutindo a estrutura, 88% (0.34 dp) dos alunos concordam que o material apresenta uma estrutura de conteúdo de fácil compreensão. A apresentação visual encontra ainda maior concordância por parte dos alunos, com 94% (0.50 dp) dos alunos concordando que ela é agradável e o uso das imagens é coerente e adequado. Quanto à linguagem utilizada, 81% (0.70) dos alunos concordam que a linguagem utilizada foi clara e compreensiva, enquanto 6% foram neutros e 13% discordaram.

O quesito de recursos adicionais associados ao ebook, como notícias, curiosidades e outros links, foi o elemento maior porcentagem de discordância, junto com o quesito clareza, tendo apenas 63% (0.63 dp) dos alunos concordando com a sentença de que esses recursos são pertinentes, de fácil acesso e melhoram o aprendizado; 31% discordaram e 6% permaneceram neutros sobre a questão.

No contexto da investigação, 81% (0.40 dp) concordam que as propostas de investigação foram claras e serviram para direcionar o uso do aplicativo, enquanto 19% discordam. O quesito clareza, por outro lado, é o que encontra o menor valor de concordância, contando com apenas 53% (0.73 dp) concordando com a sentença “Durante a realização das experiências eu não me senti perdido utilizando o material e acessando os recursos disponíveis.”. Esse resultado pode estar associado a diversos fatores; entre eles, cabe citar: uma das primeiras experiências com práticas investigativas e com realidade aumentada; também a frustração associada ao uso do aplicativo baseado em geolocalização e giroscópio.

Por fim, a última questão discute como os estudantes percebem a experiência de investigação usando realidade aumentada e o ebook, principalmente em relação ao livro tradicional. Neste contexto, 81% (0.40) concordaram que a experiência de investigação usando Realidade Aumentada no aprendizado de ciências foi satisfatória e inovadora, comparado ao uso do livro tradicional.

Assumindo a concepção de design instrucional admitida neste trabalho, mudanças foram feitas a partir do resultado das avaliações dos estudantes; as principais foram: de ordem de léxico, em que alguns termos foram substituídos, buscando atender a demanda dos alunos sobre a linguagem; as sobre os recursos usados, em que o design foi mudado, buscando ser mais claro, e instruções básicas foram adicionadas, buscando deixar o uso do recurso mais evidente. Com essas mudanças, espera-se também melhorar a avaliação dos estudantes no contexto de clareza e da experiência.

## **6. Considerações finais**

O aplicativo AR Solar System mostrou que pode incorporar o grupo de objetos de aprendizagem das práticas investigativas; as intervenções que lançaram mão dele conseguiram alcançar os objetivos de aprendizagem colocados e, além disso, os alunos sugerem que foram divertidas e curiosas - embora falte maior nível de interação.

Os instrumentos de autoavaliação apontam para um progresso da participação dos alunos no processo de investigação e que, de maneira geral, os estudantes

conseguiram alcançar os objetivos de aprendizagem, embora alguns ainda estejam em desenvolvimento. Os instrumentos de autoavaliação se mostraram fonte valiosa de informação sobre a compreensão dos estudantes e tiveram seus resultados endereçados sempre que foi identificado que alguma habilidade não foi desenvolvida plenamente pelos estudantes.

Discutindo a aplicação SkyView, cabe dizer que o questionário MAREEA e as discussões em sala revelaram problemas de usabilidade no curso do uso do software. No entanto, sugerem que a atividade foi gratificante, envolvente e curiosa e que permitiu compreender melhor o conteúdo. Os resultados desses momentos didáticos também sugerem que a presença do professor é vital para o desenvolvimento das atividades investigativas.

Com essa pesquisa, conseguiu-se identificar que aplicativos de realidade aumentada possuem uma influência positiva no processo de ensino, principalmente em contexto de motivação, engajamento e interesse. Além disso, os instrumentos de autoavaliação, as discussões em sala e as produções dos estudantes sugerem que as aplicações permitiram o alcance dos objetivos de aprendizagem propostos. Cabe notar, no entanto, que a efetividade das aplicações parece estar condicionada a uma presença atuante do professor no processo de uso e investigação do aplicativo; a ausência do professor pode acarretar confusão e frustração dos estudantes no processo de uso.

Da avaliação do ebook, conclui-se que os alunos avaliaram bem a estrutura, linguagem, propostas de investigação e aspectos visuais, enquanto apresentaram um baixo nível de concordância quanto aos *hyperlinks* do material e o quesito clareza. De maneira a sanar esse problema, o material passou por redesigne e mais detalhes sobre as propostas de investigação e sobre os materiais adicionais foram adicionados.

De maneira complementar, as sequências de ensino investigativo se mostraram eficientes em acomodar o uso desse novo formato de objeto de aprendizagem. Guiado por esse norte didático, o uso das aplicações em realidade aumentada foi intencional e eficiente, orientado ao alcance dos objetivos de aprendizagem. No final das intervenções, a partir das produções dos estudantes, conclui-se que o seu uso promoveu, de maneira geral, o alcance dos objetivos eleitos para as intervenções.

Limitações podem ser associadas a esse trabalho de três naturezas: a amostra

de que se derivam as conclusões é consideravelmente pequena, sendo composta de apenas 20 estudantes em média. A aplicação do segundo software contou com uma amostra ainda menor, tendo apenas dois alunos completando as questões de investigação propostas. Como estudo de caso único, as conclusões deste trabalho dependem da reafirmação de outros estudos de caso, sendo essa outra limitação da pesquisa - que a construção do ebook busca dar cabo.

Outra limitação que pode ser levantada, que as noções de estudo de caso tratam como problemas de continuidade interna, é se os resultados alcançados são atribuídos ao uso das sequências de ensino investigativo ou ao uso da realidade aumentada. Conhecido como o debate Clark/Kozma, que rivaliza a tecnologia com os métodos pedagógicos (GÁRZON *et al.*, 2020), esse problema não pôde ser resolvido aqui. O que o trabalho contribui para a discussão, no entanto, é que o uso investigativo da RA, como com muitos outros objetos de aprendizagem, permitiu o alcance dos objetivos de aprendizagem pelos alunos; e que o uso dessa tecnologia, dissociada de um método ativo de ensino, não se justifica e não encontra espaço nas novas noções de educação, como concorda Gárzon *et al.* (2020).

As principais conclusões deste trabalho são que o uso investigativo da realidade aumentada promove intervenções divertidas, curiosas e interessantes aos estudantes. Com o uso desse objeto de aprendizagem, é possível despertar motivação e engajamento dos alunos sobre o conteúdo trabalhado e se mostrou efetivo no ponto de vista da aprendizagem das habilidades propostas.

Por outro lado, embora o arcabouço teórico sobre as SEI já antecipasse isso, as práticas investigativas não abrem mão do professor presente e os momentos propostos que uniram sala de aula invertida a proposta de investigação da realidade aumentada mostraram insucesso. Desta maneira, o trabalho aponta que práticas investigativas aliadas a realidade aumentada exigem a presença e problematização do professor.

Outra conclusão importante é que o primeiro contato com a tecnologia de realidade aumentada carece de uma introdução competente do professor, instruindo cuidadosamente os estudantes como usar a aplicação. Com a frustração dos estudantes acerca do uso, vem a falta de completude das tarefas.

Acerca do material paradidático construído (ebook), é preciso que ele seja claro, deixando evidente sobre o que os recursos adicionais tratam e o que eles

devem fazer com as propostas de investigação.

Como proposta de trabalhos futuros, outros professores, munidos do ebook em especial, podem investigar o alcance dos objetivos de aprendizagem utilizando recursos de realidade aumentada através das sequências de ensino investigativo. Uma importante lacuna de pesquisa é explorar as diversas formas de tornar o aprendizado com realidade aumentada fora da sala de aula efetivo e ativo, além dessa, cabe investigar futuramente como o grau de imersão se relaciona com a efetividade do aprendizado.

Entre as contribuições desta pesquisa, cabe citar o esforço teórico em transladar a metodologia das Sequências de Ensino Investigativo para o contexto da realidade aumentada; é de esperar que esse esforço promova outras intervenções que são se satisfaçam com a inovação apenas tecnológica, mas que almejam também a inovação metodológica. Ao que concerne ao ebook produzido, espera-se que auxilie o desenvolvimento de outras intervenções que tematizam o sistema solar, de maneira mais imersiva e interessante. O trabalho, por ter interação com seres humanos, foi submetido e aprovado pelo código de ética (processo nº 58797322.4.0000.5537).

## Referências

AZEVEDO, M. C. P. S. Ensino por Investigação: problematizando as atividades em sala de aula. In: CARVALHO, A. M. P. (org.). **Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004. p. 19-33.

ALMEIDA, M. E. B., VALENTE, J. A. **Tecnologias e currículo: trajetórias convergentes ou divergentes?** 1 ed. São Paulo: Paulus, 2011.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.

CARVALHO, A. M. P. Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 18, nº 3, 2018.

CARVALHO, A.M.P. (*et al.*). **Ciência no Ensino Fundamental: o conhecimento físico**. 1. ed. São Paulo: Scipione, 1998.

CARVALHO, A.M.P. (org.) **Calor e temperatura: um ensino por investigação**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014.

DANTAS, J. C. S.; ANDRADE, A. F. O uso da realidade aumentada na educação básica brasileira: um mapeamento sistemático. IN: **Revista Novas Tecnologias na Educação**, Porto Alegre, v. 20, n. 1, p. 315–327, 2022.

DIEGMANN, P.; SCHMIDT-KRAEPELIN, M.; VAN DEN EYNDEN, S.; BASTEN, D. (2015): **Benefits of Augmented Reality in Educational Environments - A Systematic Literature Review**. In: Thomas. O.; Teuteberg, F. (Hrsg.): Proceedings der 12. Internationalen Tagung Wirtschaftsinformatik (WI 2015), Osnabrück, S. 1542-1556.

DÜNSER, A., WALKER, L., HORNER, H., BENTALL, D.: Creating Interactive Physics Education Books with Augmented Reality. IN: **Proceedings of the 24th Australian Computer-Human Interaction Conference**, 2012.

GARZÓN, J., PAVÓN, J. & BALDIRIS, S. Systematic review and meta-analysis of augmented reality in educational settings. IN: **Virtual Reality** 23, 447–459 (2019).

GARZÓN, J.; KINSHUK; BALDIRIS, S.; GUTIÉRREZ, J.; PAVÓN, J. How do pedagogical approaches affect the impact of augmented reality on education? A meta-analysis and research synthesis. IN: **Educational Research Review**, vol. 37, 2020.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

HE, Z. L. WU, LI, X. R. When art meets tech: the role of augmented reality in enhancing museum experiences and purchase intentions. IN: **Tourism Management** v. 68, p. 127-139, 2018.

HERPICH, F.; TAROUÇO, L. M. R. NUNES, F. B.; PETRI, F.; NICOLETE, P. Modelo de avaliação de abordagens educacionais em realidade aumentada móvel. IN: **Revista Novas Tecnologias na Educação**, vol.17, nº 1, 2019.

KOHN, K. MORAES, C. H. O impacto das novas tecnologias na sociedade: conceitos e características da Sociedade da Informação e da Sociedade Digital. IN: **XXX Congresso Brasileiro de Ciências da Comunicação**. Santos: 2007.

NINCAREAN, D.; ALI, M. B.; HALIM, N. D. A.; RAHMAN, M. H. A. **Mobile Augmented Reality: the potential for education**. Procedia - Social and Behavioral Sciences. Malásia, 2013.

OLIVEIRA, C. C.; COSTA, J. W. da; MOREIRA, M. **Ambientes informatizados de aprendizagem: produção e avaliação de software educativo**. 1ed. Campinas, SP: Papirus, 2001 - (Coleção Prática Pedagógica).

PRODANOV, C. C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2 ed, Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

QUEIROZ, E.; MOURA, R. SOUZA, E. JOSÉ, H.; ALBUQUERQUE, H. O. A aplicação de realidade aumentada no processo de ensino e aprendizagem de

Ciências da Natureza: um mapeamento sistemático de literatura. IN: **Revista Tecnologias na Educação**, nº 30, 2019.

RAABE, A.; BRACKMANN, C. P.; CAMPOS, F. R. **Currículo de referência em tecnologia e computação**: da educação infantil ao ensino fundamental. São Paulo: CIEB, 2020.

YUEN, S.; YAOYUNYONG, G.; JOHNSON, E. **Augmented Reality**: An Overview and Five Directions for AR in Education. *Journal of Educational Technology Development and Exchange*. vol. 4, nº 1, 119-140, 2011.

YIN, R. K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. 2ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.